

태생기 대동맥 및 폐동맥에서
내측충판단위의 발달

연세대학교 대학원

의과학 사업단

황 정 주

태생기 대동맥 및 폐동맥에서
내측총판단위의 발달

지도 박 형 우 교수

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2002년 6 월 일

연세대학교 대학원

의과학사업단

황 정 주

황정주의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2002년 6월 일

감사의 글

이 논문이 나오기까지 힘써주신 박형우 선생님께 먼저 감사의 마음을 전합니다. 또, 포도알 보다도 작은 심장에서 나오는 가는 혈관을 적출하여 표본이 되기까지 힘써주신 유병기 선생님의 노고가 없었다면 이런 결과가 나오지 못했으리라 생각되며 마지막까지 힘써주심에 감사합니다. 또, 바쁜 가운데에도 실험에 도움을 주신 발생학 교실의 선생님 모두에게도 고마움을 느낍니다.

실험 도중 자주 찾아 뵙지는 못했으나 마지막까지 조언을 아끼지 않으신 박영환 선생님께 죄송하게 생각하며 또한 감사의 마음을 전합니다.

아직 세상 빛을 보지 못한 태아를 보면서 생명의 존엄함을 더 느끼게 되었고, 스스로 부족함을 많이 들쳐 내게 해준 연구였으며 의학은 단순히 기구를 다루고 질병만 돌보는 것은 아니라는 것을 다시금 깨닫게 한 기회였습니다.

끝으로 옆에서 도와준 많은 분들에게 다시금 고마움을 전합니다.

저자 씀

차 례

국문요약	1
I. 서론	2
II. 재료 및 방법	4
1. 재료	4
2. 방법	5
III. 결과	6
1. 대동맥, 폐동맥 및 동맥관의 구조	6
2. 대동맥에서 내측층판의 수	7
3. 폐동맥에서의 내측층판의 수	8
IV. 고찰	9
V. 결론	12
참고문헌	13
영문요약	16

그림 차례

그림 1. 대동맥, 폐동맥 및 동맥간을 지나는 조직단면.	6
---	---

표 차례

표 1. 실험에 사용된 태아	4
표 2. Number of elastic lamellae along the aorta	7
표 3. Number of elastic lamellae in the pulmonary arteries	8

국문요약

태생기 대동맥 및 폐동맥에서 내측층판단위의 발달

발생 중 동맥의 구조는 다양한 혈역학적 요인에 의하여 변화한다. 인태아 대동맥 벽에서 내측층판단위(medial lamellar unit)의 수는 태아의 발생과 함께 증가하며 대동맥궁에서 복부대동맥 하부로 갈수록 감소함이 보고되었다. 출생 직후 폐동맥은 대동맥과 구조가 별 차이 없지만 출생 후 순환의 변화로 인하여 중간층의 두께가 폐동맥이 대동맥의 0.4 - 0.8배에 불과하게 된다고 알려져 있다. 그러나, 출생 전 태아의 폐동맥에서 내측층판에 대해서는 특별히 연구된 바가 없다. 따라서 이 실험에서는 발생 12 - 28주 사이의 인태아에서 대동맥과 폐동맥의 내측층판단위를 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

대동맥과 폐동맥의 층판수는 태아의 성장과 함께 점차 증가하였고 폐동맥이 대동맥의 동맥관 근위부보다 층판수가 많았다($p < 0.01$). 대동맥에서 동맥관의 위, 아래 측, 대동맥의 근위부와 원위부 사이의 층판수는 동맥관이 부착하는 부위의 벽보다 반대쪽 벽에 층판수가 많았다. 그러나 근위부와 원위부 사이의 차이는 없었다. 폐동맥에서 좌,우폐동맥은 좌폐동맥이 층판수가 많았으나 통계적 의의는 없었고 16주까지는 두 폐동맥의 층판수가 증가하였으나 그 후에는 뚜렷한 증가는 없었다. 또, 동맥관은 대동맥, 폐동맥과는 다른 구조를 가졌으며 뚜렷이 층판단위를 측정할 수 없었다.

핵심되는 말 : 대동맥, 폐동맥, 동맥관, 내측층판단위, 인태아

태생기 대동맥 및 폐동맥에서 내측층판단위의 발달

< 지도 박 형 우 교수 >

연세대학교 대학원 의과학사업단

황 정 주

I. 서 론

최근 일부 선천성 질환을 대상으로 태아수술이 성공하면서 태아 양 (sheep)을 대상으로 한 실험적 심폐우회술에 대한 연구¹에서와 같이 태생기에 교정하는 것이 유리한 선천성 질환의 경우에 출생 전에 적극적으로 대처하려는 시도가 이루어지고 있다. 이런 태아수술을 위해서는 인태아에서 혈역학과 혈관의 구조에 대한 지식이 중요하다.

조류와 포유류 배자를 이용한 연구에 의하면 심장혈관계통은 혈액혈관형성세포(hemangioblastic lineage cell)의 출현과 함께 발생이 시작되며, 내피세포의 분화에 의해 혈관이 형성되는 것으로 보고되었다.^{2,3}

성인과 태아에서 동맥벽의 구조는 다양한 혈역학 요인(hemodynamic factor)에 의해 형성되고 제어된다.⁴ 이런 혈역학 요인에 의해 대동맥이나 폐동맥 같은 큰 동맥은 벽에 특징적인 내측층판단위⁵가 형성

된다. 발생 중인 인태아에서 대동맥 벽의 탄성 층판의 수는 태아령의 증가에 따라 많아지며, 근위부에서 원위부로 갈수록 감소하는 것으로 보고되었다.⁶ 또한 무심장 태아(acardiac fetus)의 대동맥 벽에서 탄성층판의 수가 같은 태아령의 정상 태아와 비교했을 때 대동맥의 길이를 따라 역전되어 있고 크게 감소되어 있음이 밝혀짐으로써⁷ 인태아 동맥벽에서 탄성층판의 수가 심박출(cardiac output), 혈류, 혈관 벽에 미치는 압력 및 긴장(tension), 전단 스트레스(shear stress)등의 혈액학 요인의 발생을 나타낸다는 가설을 설정할 수 있다.

인태아에서 심장혈관계통의 생리적 기능은 최근 첨단 기기들의 도입과 함께 태아 심장박동, 모체-태반 및 태아 순환의 관계 및 혈류 방향의 양적 계측 등에 관해 보고가 많아지고 있으나 아직 대동맥과 폐동맥에서 순환기계통의 기능을 이해하기는 미흡한 실정이다.^{8,9,10,11}

잘 알려져 있는 바와 같이 태아는 폐가 기능을 하고 있지 않고 태반이 있기 때문에 성인에서와는 순환의 특성이 다르며, 특히 폐동맥과 대동맥궁 사이에 동맥관(ductus arteriosus)이 있어 폐로 갈 혈액의 우회 통로가 된다. 대동맥궁 및 이것에서 나오는 여러 가지의 벽에서 내측층판단위를 세어 본 결과 대동맥궁을 흐르는 혈류가 동맥관을 흐르는 혈류의 영향을 크게 받을 가능성을 제시한 바 있다.¹² 성인의 입장에서야 대동맥궁이 중요하겠지만 태생기에는 동맥관을 통한 순환이 매우 중요하다. 따라서 대동맥, 폐동맥 및 동맥관의 벽에서 층판단위에 어떤 관계가 있는지를 조사해봄으로써 이들 큰 동맥의 기능 해석에 중요한 단서를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

연구 재료로는 연세대학교 의과대학 해부학교실에 수집 보관되어 있는 발생 12 - 28주 사이의 인간 태아 14례를 사용하였는데, 발생 12주가 2례, 14주가 2례, 16주가 2례, 18주가 2례, 20주가 2례, 24주가 2례, 그리고 28주가 2례이었다(표 1). 이 표본들은 외형이나 혈관 계통에서 특별한 이상이 없었으며, 머리둔부길이(crown rump length)와 발길이(foot length)에 근거해 주 별로 분류해 사용하였다.

표 1. 실험에 사용된 태아

태아령	머리둔부길이(mm)	발길이(mm)	체중(g)
12주	78	12	30
	85	15	41
14주	76	16	49
	110	18	100
16주	130	26	160
	135	27	210
18주	·	28	180
	145	30	240
20주	165	51	520
	178	45	500
24주	·	42	550
	225	45	800
28주	250	62	1020
	226	55	1100

2. 방법

태아는 흉벽을 절개하고 대동맥, 폐동맥 및 동맥관을 확인한 후 통째로 적출하였다. 조직은 포르말린에 고정하였고, 50, 70, 80, 90 및 100% 알코올로 점진적으로 탈수하였다. 이어 파라핀에 포매하였고, 조직절편기를 이용하여 7 - 10 μ m 간격으로 연속절편을 제작하였다. 여러 절편중 이들 동맥벽의 중간부를 포함하는 절편만을 골라 Hematoxylin-Eosin, Aldehyde Fuchsin 및 Gomori Trichrome 염색을 시행하였다.

만들어진 조직 표본은 광학 현미경으로 우선 동맥벽의 구조를 관찰하였고, 동맥관을 기준으로 1) 대동맥의 동맥관 전분절, 2) 대동맥의 동맥관 후분절, 3) 폐동맥의 동맥관 전분절, 4) 좌폐동맥, 5) 우폐동맥에서 탄력층판의 수를 세었다. 층판의 수는 세 절편에서 세어 평균을 내었다. 통계는 Excel(Microsoft, Seattle, Washington)을 이용하였고, p-value 0.05 이내에서 의미있는 것으로 판정하였다.

III. 결 과

1. 대동맥, 폐동맥 및 동맥관의 구조

대동맥과 폐동맥은 가장 안쪽의 내피, 그 바깥의 굵은 내탄성판(internal elastic lamina), 그리고 이 판 바깥에 위치한 수 십 개의 층판으로 이루어졌으며, 층판 바깥에는 결합조직으로 이루어진 외막이 있었다(그림 1). 이에 비해 동맥관에서는 내탄성판은 잘 발달되어 있었으나 중막의 층판은 주행이 한 방향이 아니고 불규칙하므로 현미경을 이용한 내측층판단위의 측정은 불가능하였다.

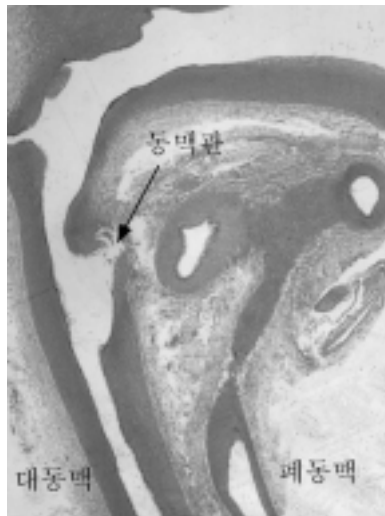


그림 2 대동맥, 폐동맥 및 동맥관을 지나는 조직 단면.

2. 대동맥에서 내측층판의 수

동맥관이 열리는 곳을 중심으로 대동맥의 근위부와 원위부에서 탄성

층판의 수는 표 2에 나타내었다. 탄성층판은 발생이 진행됨에 따라 점차 증가하는 양상을 나타내었으나 근위쪽과 원위쪽에서 층판의 수에 통계학적인 차이는 없었다. 근위부와 원위부를 혈류의 흐름을 기준으로 경동맥이나 쇄골하동맥이 나가는 외벽과 동맥관이 위치하는 내벽으로 나누었을 때에는 근위부($P<0.01$)와 원위부($P<0.05$)에서 모두 외벽이 내벽 보다 층판의 수가 많았다.

표 2. Number of elastic lamellae along the aorta (mean±S.D.)

segment fetal age (week)	APO	API	ADO	ADI
12	32.3±2.9	30.5±4.7	32.5±3.9	33.3±6.3
14	30.5±2.1	26.5±2.9	30.6±3.3	30.0±1.7
16	37.2±8.4	31.7±4.5	37.5±6.1	36.2±3.8
18	40.0±9.4	39.0±5.5	43.8±3.4	43.3±8.8
20	39.2±4.5	33.0±7.3	38.8±8.0	36.0±7.5
24	44.7±8.5	36.5±5.3	45.5±5.2	43.2±5.8
28	44.7±42.2	42.2±7.5	39.3±2.4	36.8±5.3

APO(outer wall of proximal portion of aorta, 대동맥의 근위측 외벽)

API (inner wall of proximal portion of aorta, 대동맥의 근위측 내벽)

ADO (outer wall of distal portion of aorta, 대동맥의 원위측 외벽)

ADI (inner wall of distal portion of aorta, 대동맥의 원위측 내벽)

3. 폐동맥에서 내측층판의 수

폐동맥간이나 좌, 우폐동맥에서 층판의 수는 발생 16주까지는 증가하는 양상을 보였으나 이후에는 특별한 변화가 없었다(표 3). 우폐동맥과 좌폐동맥 비교했을 때에는 좌폐동맥이 우폐동맥과 비교했을 때 층판의

수가 많았지만 통계적인 의의는 없었다.

폐동맥간 벽의 층판 수는 대동맥 근위부의 층판 수에 비해 많았다
($P < 0.01$)

표 3. Number of elastic lamellae in the pulmonary arteries
(mean±S.D.)

fetal age (week)	RPA	LPA	MPA
12	17.0±1.9	17.8±2.3	34.2±9.3
14	20.5±2.2	21.4±2.0	36.0±5.5
16	23.2±5.8	22.4±2.8	40.1±5.0
18	25.8±3.6	22.3±3.6	48.1±13.1
20	22.1±4.9	26.2±3.5	36.4±4.5
24	23.9±4.0	23.9±4.0	40.5±10.8
28	23.3±3.0	23.3±3.1	48.5±7.8

RPA(right pulmonary artery, 우폐동맥)

LPA(left pulmonary artery, 좌폐동맥)

MPA(main pulmonary artery, 주폐동맥)

IV. 고 찰

대동맥의 중막에는 탄력섬유로 이루어진 많은 층판이 있으며 이들 층판의 수는 대동맥 벽 두께와 상관없이 대동맥의 직경과 비례하고, 각 층판의 평균 긴장(tension)은 종에 관계없이 일정한 것으로 알려져 있다.⁵ 이러한 결과는 혈관벽의 구조에 혈역학적 요인이 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또, 혈관벽의 영양 공급이나 수축력에도 중막의 탄력섬유가 중요한 역할을 하기 때문에 중막에서의 탄력섬유에 관한 연구가 진행되어 왔다.^{13,14}

출생 전 태아의 순환은 배꼽정맥, 간정맥 및 하대정맥으로 흘러들어오는 혈액은 전체 혈액의 70%에 해당하며 이중 25%는 난원공을 통하여 직접 좌심방에 도달하여 폐정맥 환류혈과 혼합된다. 또, 우심실의 박출량은 혼합 심실박출량의 65%이며 좌심실의 박출량은 35%이다. 좌심실에서 나오는 혈액의 10%는 대동맥 협부를 통하여 하행대동맥에 이른다. 상대정맥으로의 들어오는 혈액은 모두 우심실을 거쳐 폐동맥으로 유출된다. 그러나 폐혈관의 저항이 높으므로 8%만이 양쪽 폐동맥으로 흘러들며 나머지는 동맥관을 통하여 하행대동맥으로 유출된다고 알려져 있다.¹⁵ 이런 특징으로 인하여 대동맥, 폐동맥 및 동맥관이 받는 혈류, 혈관벽에 미치는 압력 등의 혈역학적 요인은 시기에 따라 많은 변화를 겪게 된다.

지금까지의 연구는 폐동맥의 경우 출생 전에는 대동맥과 혈압이 거의 같고 두 동맥의 벽이 거의 같은 구조를 나타내지만, 출생 후에 전신순환과 폐순환의 혈압이 달라지면서 출생 후 순환의 변화로 인하여 6 - 24개월 후에는 중간층의 두께가 폐동맥이 대동맥의 0.4 - 0.8배에 불과하게

된다는 보고만 있을 뿐¹⁶ 발생 중인 태아를 이용한 체계적인 연구가 없었다. 태내 순환에서 동맥관이 중요한 역할을 하므로 발생기 태아에서 동맥관을 중심으로 대동맥과 폐동맥의 벽의 구조를 살펴보는 것은 중요한 일이다.

대동맥은 동맥관을 기준으로 쇄골하동맥이 나오는 직하방의 대동맥 근위부(AP)와 동맥관 바로 아래의 원위부(AD)를 측정하였고, 혈류 및 전단스트레스(shear stress)를 더 받는 동맥관의 반대측 벽(이하 외벽)과 동맥관 쪽의 벽(이하 내벽)을 따로 측정하여 비교하였다. 이 결과 외벽이 내벽에 비하여 층판단위가 발달하였다. 이는 혈역학이 층판단위에 영향을 주고 있음을 보여준다고 하겠다. 그러나 근위부와 원위부의 두께 차이에 통계적 의의는 없었다.

폐동맥은 대동맥보다 발생이 진행되면서 층판단위가 약간 증가했는데 이는 태아순환이 우심실을 통한 혈류가 더 많음을 고려할 때 당연하다고 볼 수 있다. 좌, 우폐동맥은 층판단위가 초기에는 증가하나 16주 이후에는 증가하는 양상이 완만하다. 이는 폐동맥에 들어온 혈류가 대부분 동맥관을 통하여 대동맥으로 나가는 것과도 밀접한 관계가 있을 것이고 구조적으로는 우폐동맥은 좌측에 비하여 더 예각을 주어 주행하므로 좌폐동맥이 더 혈류가 많이 가리라고 생각되나 통계적으로는 유의한 차이가 없었다. 또, 우폐동맥의 층판수가 더 많이 나온 16, 18주는 조직을 만드는 과정에서 3차원적 구조에 의하여 갈라진 이후 같은 수위에서 조직을 얻지 못하고 좌측이 더 원위부일 가능성이 있다.

이상은 또한 15주 이후에 대동맥궁 이하의 대동맥에서 더 현저한 내측층판단위의 증가가 있어 이 시기를 기점으로 하여 태아의 혈류 변화가 있으리라고 예상한 것¹²과 상통하는 것으로 이 시기를 기점으로 하여 동맥관을 통한 혈류의 이동이 중심이 되고 양측 폐동맥으로 가는 혈류가

상대적으로 적어진다고 생각된다. 따라서 대동맥의 발달은 이후에 현저한 대신 폐동맥의 발달이 완만하게 된다. 이러한 변화가 발생하는 정확한 시기는 태아내 순환을 확인할 수 있는 도플러 검사와 이 시기를 전후하여 태아의 폐동맥 및 대동맥의 연구가 더 이루어져야 밝혀질 것이다.

출생 후 폐동맥은 탄성층판이 짧고, 끝이 곤봉모양을 하고 있으며, 평형하게 주행하기보다는 횡단하는 경우가 많고, 더 분절화된다고 알려져 있다. 또, 출생후 폐동맥 고혈압에서는 선천성 폐동맥 고혈압에 비하여 폐동맥의 위 사실들이 더 현저하며 벽이 두꺼워지는 것도 세포의 비대화에 따른 것이라고 한다.¹¹ 동맥관은 중막이 주위 동맥에 비하여 두꺼우나 탄력섬유가 더 적고 근육층이 잘 발달되어 있고, 임신 3삼분기(third trimester)에 특히 내탄성판(internal elastic lamina)이 발달한다고 알려져 있다.¹⁷ 실제 결과에서도 동맥관에서 내측층판은 관찰하기 힘들고 또 관찰이 되어도 방향이 일정하지 않았고 셀 수가 없었다. 동맥관의 조직은 주위조직과 구별되고 대동맥과 폐동맥의 동맥관과의 연결부에서는 이행부위를 확인할 수 있었다. 따라서, 동맥관은 층판 단위를 이용하여 대동맥, 폐동맥과 비교 연구하기는 어렵다고 본다. 이와 같은 이유로 동맥관의 발생에 관여하는 인자는 이들 동맥과 구별되는 무엇에 의한다고 보겠으며 현재 HOXB5 유전자를 지목하고 있으나 확실치는 않다¹⁷. 이는 앞으로 따로 더 연구되어야 하겠다.

V. 결 론

1. 대동맥과 폐동맥은 가장 안쪽의 내피, 그 바깥의 굵은 내탄성판 (internal elastic lamina), 그리고 이 판 바깥에 위치한 수 십개의 층판으로 이루어졌다.
2. 근위부와 원위부를 혈류의 흐름을 기준으로 경동맥이나 쇄골하동맥 이 나가는 외벽과 동맥관이 위치하는 내벽으로 나누었을 때에는 근위부($P < 0.01$)와 원위부($P < 0.05$)에서 모두 외벽이 내벽 보다 층판의 수가 많았다.
3. 우폐동맥과 좌폐동맥 비교했을 때에는 좌폐동맥이 우폐동맥과 비교했을 때 층판의 수가 많았지만 통계적인 의의는 없었다. 폐동맥간 벽의 층판 수는 대동맥 근위부의 층판 수에 비해 많았다($P < 0.01$)

참고 문헌

1. Lee JR, Lim HG, Kim WG, Kim CS. Experimental fetal cardio-pulmonary bypass in the fetal lamb model. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;32:495-503.
2. Coffin JD, Poole TJ. Endothelial cell origin and migration in embryonic heart and cranial blood vessel development. *Anat Rec* 1991;31:383-95.
3. Wilting J, Brand-Saberi B, Kurz H, Christ B. Development of the embryonic vascular system. *Cell Mol Biol Res* 1995;41:219-32.
4. Roach MR. The pattern of elastin in the aorta and large arteries of mammals. *Ciba Symp* 1983;100:37-55.
5. Wolinsky H, Glagov S. A lamellar unit of aortic medial structure and function in mammals. *Circ Res* 1967;20:99-111.
6. Song SH, Park HW. Development of elastin layers in the aortic wall of human fetuses. *Yonsei Med J* 1992;33:337-43.
7. Park HW, Kapur RP, Shepard TH. Reversed circulation in acardiac fetuses is associated with anatomic inversions in the aortic wall. *Teratology* 1994;49:267-72.
8. Smoler PE, Smith HC, Karchmer S. Correlation of fetal heart rate, maternal heart rate, and age of pregnancy. *Am J Obstet Gynecol* 1975 ;121:62-5.

9. Oppenheimer LW, Lewinsky RM. Power spectral analysis of fetal heart rate. *Baillieres Clin Obstet Gynaecol* 1994;8:643-61.
10. Paladini D, Palmieri S, Celentano E, Guida F, Salviati M, Morra T et al. Pulmonary venous blood flow in the human fetus. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997;10:27-31.
11. Sadvosky G, Nicolaides KH. Reference ranges for fetal heart rate patterns in normoxaemic nonanaemic fetuses. *Fetal Ther* 1989;4:61-68.
12. 박형우, 이용희, 송세훈. 태생기 중 대동맥 활 및 그 분지에서 내측 측판단위의 발생에 관한 형태학적 연구. *Korean J. Anat* 1999;32(1): 11-16.
13. Wolinsky H, Glagov S. Nature of species differences in the medial distribution of aortic vasa vasorum. *Circulation Research* 1967;20: 409-21.
14. Armentano RL, Levenson J, Barra JG, Fischer EI, Breitbart GJ, Pichel RH et al. Assessment of elastin and collagen contribution to aortic elasticity in conscious dogs. *Am J Physiol* 1991;260:H1870-7.
15. Castaneda AR, Jonas R, Mayer J, Hanley F. *Cardiac surgery of the neonate and infant*. W. B. Saunders, New York, 1994.
16. Heath D, DuShane JW, Wood EH, Edwards JE. The structure of the pulmonary trunk at different ages and in cases of pulmonary hypertension and pulmonary stenosis. *J Pathol Bacteriol*

1959;77:43-456.

17. Maarten B, Marco CD, Adriana CG Comparative anatomy and ontogeny of the ductus arteriosus, a vascular outsider. *Anat Embryol* 1999;200:559-71.

- Abstract -

The development of medial lamellar unit in aortic and
pulmonary arterial wall of human fetuses

Jung Joo Hwang

Brain Korea 21 Project for Medical Sciences

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Hyoung Woo Park)

The structures of the artery are controlled by variable hemodynamic factors during development. It was reported that the number of elastic medial lamellar unit(MLU) increased with age and decreased along its length from arch to lower abdominal aorta. The study on the MLU of the pulmonary artery is rare but it is known that before birth the media of the pulmonary trunk and that of the aorta are of the same thickness. But mean ratio of medial thickness in the pulmonary artery to that in the aorta falls to between 0.4 and 0.8 aged 6 - 24 months. Using human fetuses between 12 to 28 weeks, the following results was obtained.

The numbers of MLU of aorta and pulmonary artery were increased with age. The number of MLU in the pulmonary trunk was slightly higher than that of the aorta ($p < 0.01$). The number of

MLU of the aortic wall opposite to the ductus arteriosus was higher than that of the same side of the aorta. But, both side of the aorta of ductus arteriosus had no difference in the number of MLU. The left and right pulmonary artery had no differences but MLU increased with age to 16 weeks. After that the increase was minimal. The ductus arteriosus had different structures to the great arteries and MLU was not measureable.

Key Words : aorta, pulmonary artery, ductus arteriosus, medial lamellar unit, human fetus